

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-179303  
 (43)Date of publication of application : 27.06.2000

(51)Int.Cl. F01D 9/02

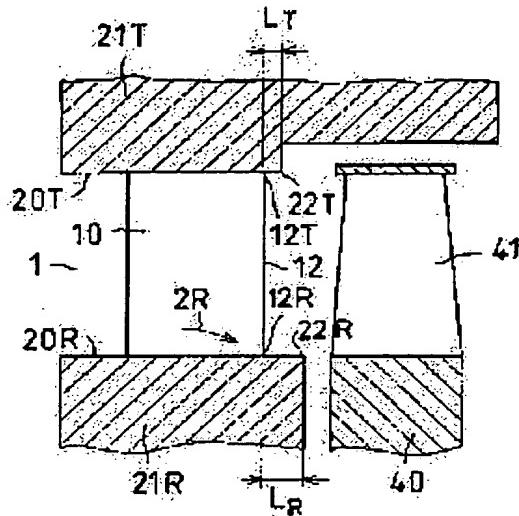
(21)Application number : 10-354646 (71)Applicant : TOSHIBA CORP  
 (22)Date of filing : 14.12.1998 (72)Inventor : NAGAO SHINICHIRO

## (54) AXIAL-FLOW TURBINE NOZZLE AND AXIAL-FLOW TURBINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve turbine-stage efficiency by circumferentially disposing a plurality of nozzles in an annular passage formed between inner and outer rings of a nozzle diaphragm such that the nozzles are tilted in the circumferential direction of the turbine, and specifying an axial distance from the end of the trailing blade-edge of the nozzle, i.e., the end at which the trailing blade-edge of the nozzle forms an acute angle, to the downstream end of a wall.

**SOLUTION:** In an annular passage defined between an annular inner ring 21R and an annular outer ring 21T of a nozzle diaphragm, a plurality of nozzles 10 are successively disposed in the circumferential direction. Rotor blades 41 are disposed downstream of the nozzles 10, thereby forming an axial-flow turbine. A trailing blade-edge 12 of each nozzle 10 is circumferentially tilted to form an acute angle  $\theta_R$  with a tangent line 23R of an inner peripheral wall 20R at an inner end 12R of the trailing blade-edge 12. An axial distance  $LR$  from the inner end 12R of the trailing blade-edge 12 to a downstream end 22R of the inner peripheral wall 20R is larger than an axial distance  $LT$  from an outer end 12T of the trailing blade-edge 12 to a downstream end 22T of an outer peripheral wall. Thus, a fast flow can be retained, whereby turbine-stage loss is reduced.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-179303  
(P2000-179303A)

(43) 公開日 平成12年6月27日 (2000.6.27)

(51) Int.Cl.  
F 01 D 9/02識別記号  
101F I  
F 01 D 9/02テーマコード(参考)  
101 3G002

## 審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全10頁)

(21) 出願番号 特願平10-354646

(22) 出願日 平成10年12月14日 (1998.12.14)

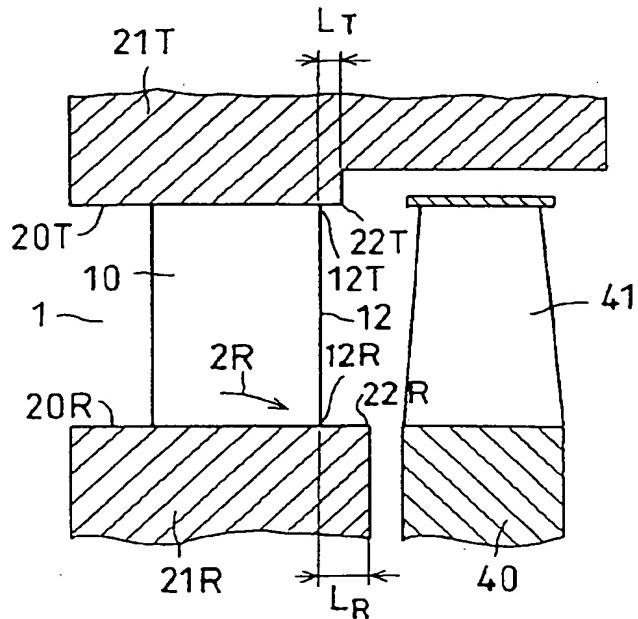
(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地(72) 発明者 長尾 進一郎  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝本社事務所内(74) 代理人 100083161  
弁理士 外川 英明  
Fターム(参考) 3G002 GA07 GB05

## (54) 【発明の名称】 軸流タービンノズルおよび軸流タービン

## (57) 【要約】

【課題】 軸流タービンに用いられる、リーンノズル、コンパウンドリーンノズル、スキューノズルにおいて、後縁下流の壁面長さが不適切な場合に通路部外に生じる流れや、壁面境界層の発達により発生していた損失を低減し、高効率の軸流タービンを提供する。

【解決手段】 本発明に係る軸流タービンノズルは、ノズル翼後縁12の接線が内周または外周壁20R、20Tの少なくとも一方で鋭角をなすように構成した軸流タービンノズルにおいて、内周または外周におけるノズル翼後縁端12R、12Tから内、外周壁下流端22R、22Tまでの軸方向距離 $L_R$ 、 $L_T$ をノズル後縁の接線と壁面とがなす角度に応じて最適な長さにすることによって、ノズル翼後縁付近に生じる、通路部からタービン軸中心方向または外周方向へと移動する流れを、延設した壁面により通路部に保持し、タービン段落の効率を向上しようとするものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 環状のノズルダイアフラム内輪と外輪をそれぞれ内周壁、外周壁として形成される環状通路内に複数のノズルを周方向に配設し、このノズルのノズル翼後縁と前記内周壁もしくは外周壁のなす角の一方のみが鋭角となるように前記ノズルを環状通路内の周方向に傾斜させたものにおいて、前記鋭角となる側の壁における前記ノズル翼後縁端から壁面下流端までの軸方向距離を、他側の壁におけるノズル翼後縁端から壁面下流端までの軸方向距離よりも大きく形成したことを特徴とする軸流タービンノズル。

【請求項2】 環状のノズルダイアフラム内輪と外輪をそれぞれ内周壁、外周壁として形成される環状通路内に複数のノズルを周方向に配設し、このノズルのノズル翼後縁と前記内周壁もしくは外周壁のなす角の少なくとも一方が鋭角となるように前記ノズルを環状通路内の周方向に傾斜させたものにおいて、前記鋭角となる側の壁における前記ノズル翼後縁端から壁面下流端までの軸方向距離をL、前記ノズル翼後縁と前記壁とのなす角をθ、前記ノズルの翼列のスロート長さをSとしたとき、

【数1】

$$0.03(90-\theta) \leq L/S \leq \{0.03(90-\theta)+0.5\}$$

を満たしてなる軸流タービンノズル。

【請求項3】 環状のノズルダイアフラム内輪と外輪をそれぞれ内周壁、外周壁として形成される環状通路内に複数のノズルを周方向に配設し、子午面上においてノズル翼後縁と前記内周壁または外周壁とのなす角の少なくとも一方が鋭角をなすように前記ノズルを環状通路内の軸方向に傾斜させたものにおいて、前記鋭角となる側の壁における、前記ノズル翼後縁端から壁面下流端までの軸方向距離をL、ノズル翼後縁と前記壁面とのなす角をα、ノズル翼列のスロート長さをSとしたとき、

【数2】

$$0.04(90-\alpha) \leq L/S \leq \{0.04(90-\alpha)+0.5\}$$

を満たしてなる軸流タービンノズル。

【請求項4】 請求項1か3までのいずれか1項に記載の軸流タービンノズルを備えた軸流タービン。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内外周壁の長さを最適にすることによりタービンの段落損失を低減し効率の向上を図った軸流タービンノズルおよび軸流タービンに関する。

【0002】

【従来の技術】 一般的火力発電所などに用いられる大型の軸流蒸気タービン、ガスタービンでは、通常複数のタービン段落を有し、高温高圧の作動流体を上流段落から下流段落へと順次通過させて膨張させ、熱及び圧力エネ

ルギーを速度のエネルギーを媒体として回転エネルギーに変換することにより出力を発生させる。各段落は多数のノズルを周方向に配設し内外周壁を設けて環状通路を形成したノズル翼列と、その下流に配置された回転軸の周囲に多数の動翼を植設し環状通路を形成した動翼列の各1組からなる。

【0003】 作動流体をノズル及び動翼を通過させ出力を発生する際には、流体の持つ熱及び圧力エネルギーを完全に速度のエネルギーに変換させることができエネルギーの有効利用の観点から望ましいが、流体自身の持つ粘性や回転部と静止部の間隙などの要因によって種々の損失が発生する。翼列内での流れの転向に基づき発生する主流と異なる方向の渦流、いわゆる二次流れによる損失もそのうちの1つで、主として内外周壁近くで生じ、特に翼高さの低い段落では損失のうちのかなりの割合を占めるため、これを低減するためのさまざまな方法が提案されている。

【0004】 ノズル翼後縁をタービンの周方向に傾斜または湾曲させた構造のノズルもそのうちの1つで、直線状のノズルを周方向に傾斜させたものをリーンノズル、ノズルを周方向に湾曲させたものをコンパウンドリーンノズルまたはハウノズルなどと呼び、図16および図17に示すような構成となっている。図16はその例を示した図で、ノズルを軸方向下流から見たものである。図16(a)に示した、内周壁20Rと外周壁20Tの間に配設されたノズル10の腹面側が内周壁20Rと鋭角θ<sub>R</sub>をなすように傾斜させたリーンノズル(a)では、後縁12を流出する流れを内周壁20R側に移動させる作用を持つため、内周壁20R付近の流れを加速整流するとともに壁面境界層を薄くし、この近傍の二次流れ損失を低減しようとするものである。また図16(b)は、ノズル10の腹面側が外周壁20Tと鋭角θ<sub>T</sub>をなすように傾斜させたリーンノズルを示し、後縁12を流出する流れを外周壁20T側に移動させるため、外周壁20T付近の二次流れを低減する効果がある。さらに図16(c)は、ノズル10を腹面側に凸になるように周方向に湾曲させ、内周壁20Rと外周壁20Tとそれぞれ鋭角をなすコンパウンドリーンノズルを示し、ノズル翼後縁12を流出する流れを、内周壁20R側と外周壁20T側の両方において壁側に移動させ押し付ける作用を持つため、内周壁20Rと外周壁20Tの両壁面の近傍の二次流れ損失を低減する効果を持つ。

【0005】 また、これらとは別にタービン軸を含む面(以下、子午面と称する)においてノズルを軸方向に傾斜させたものをスキューノズルと呼んでおり、これらの例を図17に示す。図17(a)は、内周壁20Rと外周壁20T間に配設されたノズル10のノズル翼後縁12が内周壁20Rと鋭角θ<sub>R</sub>をなすように傾斜させたスキューノズルを示し、後縁12を流出する流れを内周壁20R側に移動させ内周壁20R付近の流れを加速整流する作用を持つため、内周壁20R近傍の二次流れ損失を低減する効果を持つ。ま

た、図17(b)は、ノズル翼後縁12が外周壁20Tと鋭角 $\alpha$ をなすように傾斜させたスキュー・ノズルを示し、後縁12を流出する流れを外周壁20T側に移動させ、外周壁20T付近の流れを加速整流する作用を持つため、外周壁20T近傍での二次流れ損失を低減する効果を持つ。

【0006】以上説明したような、リーン・ノズル、コンパウンドリーン・ノズル、スキュー・ノズルは試験タービンによる実験などにより段落効率を向上させる効果が認められており、実際の軸流蒸気タービン、ガスタービンに適用されている。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のリーン・ノズル、コンパウンドリーン・ノズルまたはスキュー・ノズルをタービン段落に使用する際に、以下のような問題点があった。この事情を図17および図18を用いて説明する。図18(a)は、図16(a)に示すリーン・ノズルをタービンに組み込んだときの断面図である。この形状のノズルはノズルダイアフラム内輪21Rおよび外輪21Tの流体の通路部1に相対する面、すなわち内周壁20Rおよび外周壁20Tにより形成される環状通路の内部に、複数のノズル10を周方向に列状に配設したものである。ノズル10の下流にタービンロータ40の周囲に列状に植設された動翼41が配置されている。そして、ノズル10は、内周壁20R側において、ノズル翼後縁12を流出する流体に壁面に向かう流れ2Rを付与し、流れを内周壁20R寄りに移動させることで整流し損失低減効果を得るものである。このためノズル翼前縁11から後縁12までの軸方向位置において環状流路を構成する内、外周壁面20R、20Tが連続して存在する必要があるのは一般的のノズルと同様であるが、さらにリーン・ノズルでは、壁面に向かう流れ2Rが生じて流体が壁面に移動する領域において流れを受け止め流路内に保持する内周壁20Rの役目が重要であり、ノズル翼後縁内周端12Rよりある程度下流まで壁面が連続して延設されていることがリーン・ノズルの機能を発揮させる上で必要である。ところが通常使用されているリーン・ノズルでは図18(a)のように後縁12R下流から内周壁下流端22Rまでの軸方向距離が短い場合が多い。この場合、流れは内周壁下流端22Rにおいてもまだ壁面に向かう半径方向速度成分を有しているため、内周壁下流端22Rの直下流にて通路外方に向かう流れ5Rが発生し有效地に力を発生すべき流体が一旦タービン段落外の空間に流出し、動翼41上流で再び通路内に流入する等の運動を行なう結果、壁面付近の流れに乱れを生じ、本来のリーン・ノズルの効果が得られない事態が引き起こされる。他方の外周壁20T側では流れは2Tのように壁側への移動がないため、後縁下流の外周壁は内周壁ほど長く延設される必要はない。また必要以上に長い場合は、外周壁20Tのごく近傍を流れる低速流体によって壁面上に生じる境界層が厚さを増し、摩擦損失を増加させるため、これも空力的損失を大きくする原因となる。また、内周壁20Rも

必要以上に長いと同様な摩擦損失の増加を招く。

【0008】この事情は図16(b)に示したようなノズル翼腹側面が外周面と鋭角をなすリーン・ノズルの外周壁20T上においても同様であり、図18(b)に示すように外周の後縁12T下流において外周壁20Tが短かすぎる場合は流体を壁面に移動する流れ2Tの作用により外周壁下流端22T下流にて通路部外方へ移動する流れ5Tが生じ、段落損失の原因となる。

【0009】さらに、図16(c)に示した、ノズル10を腹側に凸になるように周方向に湾曲させたコンパウンドリーン・ノズルでは、図18(c)に示すように、内周壁20Rと外周壁20Tの双方において壁面に移動する流れ2R、2Tが発生するために、後縁の下流の壁面の長さが不適当な場合、流れ5R、5Tによる、タービン段落の損失が多くなり、効率を下げる原因となる。

【0010】また図17(a)に示したような、ノズル翼後縁12と内周壁が鋭角をなすスキュー・ノズルでも内周壁22Rの長さが不適切な場合には、同様にして壁面に移動する流れ2Rが内周壁下流端22Rの直下流においても半径方向速度成分を有することにより段落損失が生じたり、外周壁22Tが長すぎる場合には外周壁付近で境界層が発達し効率を下げる原因になる。

【0011】同様な理由により、図17(b)のようなノズル後縁と外周壁が鋭角をなすスキュー・ノズルについても、内外周壁の長さを適切な長さにする必要がある。

【0012】本発明は、以上示した従来の軸流タービンノズルの欠点を除去し、タービン段落効率を向上しうる軸流タービンノズルおよび軸流タービンを提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するため、請求項1、2に記載の発明においては、環状のノズルダイアフラム内輪と外輪をそれぞれ内周壁、外周壁として形成される環状通路内に複数のノズルを周方向に配設し、このノズルのノズル翼後縁と内周壁もしくは外周壁となす角の少なくとも一方が鋭角となるようにノズルをタービンの周方向に傾斜させたものにおいて、この鋭角となる側におけるノズル翼後縁端から壁面下流端までの軸方向距離を最適な長さに形成したことを特徴とした。この構成の軸流タービンノズルでは、ノズル翼腹側面と壁面とが鋭角をなす側で生じる、タービンの中心軸方向若しくは外周方向の速度成分を持つ流れを壁面により保持し、タービン段落の効率を向上しうる軸流タービンノズルを提供することができる。

【0014】請求項3に記載に発明においては、環状のノズルダイアフラム内輪と外輪をそれぞれ内周壁、外周壁として形成される環状通路内に複数のノズルを周方向に配設し、子午面上においてノズル翼後縁と前記内周壁または外周壁の少なくとも一方が鋭角をなすようにノズル翼をタービンの軸方向に傾斜させたものにおいて、こ

の鋭角となる側におけるノズル翼後縁端から壁面下流端までの軸方向距離を最適にするように壁面の長さを決定したことを特徴とした。この構成により、子午面においてノズル翼をターピンの軸方向に傾斜または湾曲させたものにおいても、ノズル後縁を流出する流体が持つ、ターピンの中心軸方向若しくは外周方向の成分をもつ流れを壁面により保持し、ターピン段落の効率を向上することができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明に係る軸流ターピンノズルの第1の実施の形態を図1から図5に基づき説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係る軸流ターピンの断面図である。本実施形態に係る軸流ターピンノズルも、従来の軸流ターピンノズルと同様に、環状のノズルダイアフラム内輪21Rおよび外輪21Tの流体の通路部1に相対する面、すなわち内周壁20Rおよび外周壁20Tにより形成される環状通路の内部に、複数のノズル10を周方向に列状に配設したものである。ノズル10の下流にターピンロータ40の周囲に列状に植設された動翼41が配置され、この動翼41はノズル10の翼列と共にターピン段落を形成し、ノズルから高速で流出する流体のエネルギーを受けて回転し出力を発生する。図2は図1記載のノズル10を下流側から見た図である。つまり、ノズル10は二次流れ損失を低減する目的でノズル翼後縁12が周方向に傾斜を有し、ノズル翼後縁内周端12Rにおいて内周壁20Rの接線23Rとのなす角が鋭角 $\theta_R$ となるように構成されている。図3はノズル10の翼列を内周壁20R上で周方向に展開した図である。

【0016】また、内周壁20Rにおけるノズル翼後縁内周端12Rから内周壁下流端22Rまでの軸方向距離 $L_R$ を、外周におけるノズル翼後縁外周端12Tから外周壁下流端22Tまでの軸方向距離 $L_T$ よりも大きく形成している。

【0017】そして、ここでは、図2のノズル10の内周におけるノズル翼後縁12と、ノズル翼後縁内周端12Rにおける内周壁20Rの接線23Rがなす角を軸方向から見た角を $\theta_R$ (°)、内周壁におけるノズル10の翼列のストレート長さを $S_R$ 、内周のノズル翼後縁端12Rから壁面下流端2Rまでの軸方向距離を $L_R$ としたとき、

#### 【0018】

#### 【数3】

$$0.03(90 - \theta_R) \leq L_R / S_R \leq \{0.03(90 - \theta_R) + 0.5\}$$

を満たすものとした。

【0019】以下にその根拠および作用を説明する。本形態のノズルは上記のようにノズル翼後縁12が内周壁20R側において内周壁20Rとのなす角が鋭角 $\theta_R$ になるよう周方向に傾斜をもって構成されているため、流体が周方向に大きな速度成分を持って流出するノズル翼後縁端12付近においては、内周壁20R側の流体には半径方向内向きの速度成分を持った流れ2Rが発生し、通路部中央寄り

から内周壁20R側に流れが移動する。先に示したように図18(a)の従来のノズルでは、ノズル翼後縁内周端12Rの下流に延設される内周壁20Rの長さが短かく、流れが通路外に押し出されて再び合流する等の過程で損失が発生する。しかし、本形態のノズルにおいては、ノズル翼後縁内周端12Rの下流に十分な長さの内周壁20Rが延設されているため通路部中央寄りから内周壁20Rへ向かう流れ2Rを内周壁20Rが保持し、流体が通路外へ流出することを防止することができる。さらに、他方の、外周壁20T側においては、ノズル翼後縁12が外周壁20Tと鋭角をなす方向に傾斜していないため、通路部中央寄りから外周壁20Tに向かう流れは発生せず、従って流れが外周壁20T側に移動することはないと想定する。外周壁20Tにおいてノズル翼後縁外周端12Tの下流に壁面を長く延設しておく必要はない。外周壁20Tの $L_T$ が長いと壁面境界層の増大をもたらし損失を増加させるので、外周壁20Tは内周壁20Rの $L_R$ よりも短いことが望ましい。

【0020】図4は、ノズル10の内周において、ノズル翼後縁12とノズル翼後縁内周端12Rにおける内周壁20Rの接線23Rがなす角 $\theta_R$ と、ノズル翼後縁内周端12R下流から内周壁下流端22Rに至る壁面の軸方向長さ $L_R$ を変化させた場合の段落損失 $\zeta$ の変化の関係を三次元の粘性流れ計算手法により解析したもので、横軸は該 $L_R$ とノズル10の翼列のストレートの長さ $S_R$ の比 $L_R/S_R$ の値、縦軸は段落損失量 $\zeta$ 、パラメータは角度 $\theta_R$ である。同図から、各 $\theta_R$ において損失が最小となる $L_R/S_R$ が存在することがわかる。これは $L_R/S_R$ が小さいと上述した理由により壁面下流端で損失が発生し、一方で不必要に壁面が長いと壁面上の境界層が厚くなり損失を増加させるためである。またノズル内周端における後縁と内周壁の角度 $\theta_R$ が小さいほど半径方向内向き、すなわち通路部中央寄りから内周壁側に向かう流れ2Rが強くなり、ノズル後縁を流出後も内周壁20R側に向かう速度成分を持続するため、損失を少なくするには内周壁20Rを軸方向により長く延設することが必要になる。図4から、 $\theta_R$ が変化したときに損失を最小またはそれに準じたレベルとする $L_R/S_R$ の範囲を読み取って図示したものが図5である。この範囲を式で表すと、

#### 【0021】

#### 【数4】

$$0.03(90 - \theta_R) \leq L_R / S_R \leq \{0.03(90 - \theta_R) + 0.5\}$$

となる。

【0022】本形態の装置においては、流れが壁側に移動する内周壁20Rについてその後縁下流の長さが上式を満たし、なおかつ外周壁20Tの長さは内周壁20Rの長さより短くなるように構成することにより、通路部中央寄りから内周壁20R側に向かう流れ2Rに起因する損失を低減し、さらに、外周壁側での境界層の発達による損失も低減することができるため、段落効率を向上する軸流ターピン

ピンノズルおよび軸流ターピンを提供することができる。

【0023】次に、本発明の第2の実施の形態について図6から図8を用いて説明する。上記図1から図3と同等部については同一の符合を付し、詳細な説明を省略する。図6は本実施形態を適用した軸流ターピンの断面図である。図7は、図6記載のノズル10を下流側から見た図であり、図8はノズル10の翼列を外周壁20T面上で周方向に展開した図である。

【0024】本発明の第2の実施の形態においては、ノズル10は、二次流れ損失を低減する目的で後縁12が周方向に傾斜を有し、外周の後縁端12Tにおいて外周壁20Tの接線23Tとのなす角が鋭角 $\theta_T$ となるように構成されているものである。

【0025】また、ノズル翼後縁外周端12Tから外周壁下流端22Tまでの軸方向距離 $L_T$ を、ノズル翼後縁内周端12Rから内周壁下流端22Rまでの軸方向距離 $L_R$ よりも大きくしている。

【0026】そして、ここでは、図7のノズル10の外周におけるノズル翼後縁12と、ノズル翼後縁外周端12Tにおける外周壁20Tの接線23Tがなす角を軸方向から見た角を $\theta_T$ (°)、外周壁上におけるノズル10の翼列のスロート長さを $S_T$ 、ノズル翼後縁外周端12Tから外周壁下流端22Tまでの軸方向距離を $L_T$ としたとき、

【0027】

【数5】

$$0.03(90 - \theta_T) \leq L_T / S_T \leq \{0.03(90 - \theta_T) + 0.5\}$$

を満たすものとした。

【0028】以下に第2の実施の形態の作用を説明する。本実施の形態のノズルにおいては、後縁12が外周壁20T側において外周壁20Tとのなす角が鋭角 $\theta_T$ になるように周方向に傾斜させてあるので、外周壁20T側で半径方向外向きの流れ2Tが発生し、外周壁側へと流れを移動させる作用が生じる。このとき、本実施形態のノズルにおいては、ノズル翼後縁外周端12Tの下流に十分な長さの外周壁20Tが延設されているため、通路部中央寄りから外周壁20Tに向かう流れ2Tを外周壁20Tが保持し、流体が通路外へ流出することを防止することができる。また、他方の、内周壁20Rにおいては流れが内周壁20R側に移動することはないため、ノズル翼後縁内周端12Rの下流の壁面を長く延設しておく必要はない。むしろ、長すぎる場合、壁面境界層の増大をもたらし損失を増大させるので、内周壁20Rは外周壁20Tよりも短いことが好ましい。

【0029】さらに、先に示した図4および図5は、ノズルの内周壁20Rに適用した場合として説明したが、その理論は内外周壁を問わず、本実施形態のように外周壁20Tについても適用できる。したがって、 $L_T / S_T$ を上式の範囲にすることで、段落損失 $\zeta$ を低減できる。このよう

に、本実施形態の構成によれば、通路部中央寄りから外周壁20T側に向かう流れ2Tに起因する損失を低減し、さらに、内周壁20R側の境界層の発達による損失も低減することで、ターピン段落の効率を向上することが可能となる。

【0030】次に、本発明の第3の実施の形態を図9および図10を用いて説明する。図9は軸流ターピンの断面図であり、図10は図9記載のノズルを下流側から見た図である。なお、図1から図8と同等部の構成については同一の符合を付し、詳細な説明は省略する。図10に示したように、本実施の形態においては、ノズル10を腹側に凸になるように周方向に湾曲させ、ノズル10のノズル翼後縁内周端12Rおよびノズル翼後縁外周端12Tの両方においてノズル翼後縁12の接線13R、13Tと内周壁および外周壁20R、20Tの接線23R、23Tとなす角 $\theta_R$ 、 $\theta_T$ をそれぞれ鋭角にしている。この場合において、両壁面でのノズル翼後縁内周端および外周端12R、12Tから内周壁および外周壁下流端22R、22Tまでの軸方向距離 $L_R$ 、 $L_T$ が、図4より求まる式の関係を満たすように構成したものである。すなわち、内周壁20R側においては、ノズル翼後縁12の接線13Rと内周壁20Rの接線23Rがなす角を軸方向から見た角度を $\theta_R$ 、ノズル10の翼列の内周壁20R上におけるスロート長さを $S_R$ 、ノズル翼後縁内周端12Rから内周壁下流端22Rまでの軸方向距離を $L_R$ としたとき、

【0031】

【数6】

$$0.03(90 - \theta_R) \leq L_R / S_R \leq \{0.03(90 - \theta_R) + 0.5\}$$

となるように構成している。他方、外周壁20T側においても同様に、ノズル翼後縁12の接線13Tと外周壁20Tの接線23Tがなす角を軸方向から見た角度を $\theta_T$ 、ノズル10の翼列の外周壁20T上におけるスロート長さを $S_T$ 、ノズル翼後縁外周端12Tから外周壁下流端22Tまでの軸方向距離を $L_T$ としたとき、

【0032】

【数7】

$$0.03(90 - \theta_T) \leq L_T / S_T \leq \{0.03(90 - \theta_T) + 0.5\}$$

となるように構成する。

【0033】以下に本実施の形態における作用を説明する。湾曲したノズル10の形状により、流体はノズル翼後縁12付近において、内周壁20R側で半径方向内向き、外周壁20T側で外向き、すなわちそれぞれ通路部中央寄りから壁面へ向かう流れ2R、2Tが発生する。この流れにより、主流に両壁面に向かって流れを移動させる作用が生じる。このとき内周壁20R側および外周壁20T側のそれれにおいて、ノズル翼後縁内周端および外周端12R、12Tの下流に延設される壁面の長さ $L_R$ 、 $L_T$ が短いと、流れが流路外に押し出されて下流で再び合流する過程で損失が発生する。また長すぎる場合には壁面境界層の増大を招

き損失を増加させてるので、それぞれ適正な範囲とすべきことは、本発明の第1、第2の実施の形態と同様である。本実施の形態によれば、内周壁20R側および外周壁20T側の両方において後縁下流の壁面長さ $L_R$ 、 $L_T$ を適正な範囲に構成しているため、損失を低減しターピン段落の効率を向上できる。

【0034】次に、本発明の第4の実施の形態として、子午面においてノズルが軸方向に傾斜しておりノズル後縁と内周壁が子午面内で鋭角をなすスキューノズルの場合について図11を用いて説明する。なお、図1から図10までと同等部については同一符合を付し、詳細な説明を省略する。図11において、ノズル10を、ノズル翼後縁外周端12Tの軸方向位置がノズル翼後縁内周端12Rよりターピン軸下流に位置するよう軸方向に傾斜させ、後縁線12と内周壁20Rがなす角 $\alpha_R$ が鋭角となるように構成している。本実施の形態の特徴は、子午面におけるノズル翼後縁12と内周壁20Rのなす角 $\alpha_R$ に応じて、内周壁20R上のノズル翼後縁内周端12Rから内周壁下流端22Rまでの軸方向距離 $L_R$ を、段落損失が最小レベルとなる範囲に構成したことである。すなわちノズル翼後縁12と内周壁20Rがなす子午面上の角度を $\alpha_R$ (°)、ノズル10の翼列の内周壁20R上におけるスロート長さを $S_R$ 、内周壁20Rでのノズル翼後縁内周端12Rから内周壁下流端22Rの軸方向距離を $L_R$ としたとき、 $L_R/S_R$ の値を、

【0035】

【数8】

$$0.04(90 - \alpha_R) \leq L_R / S_R \leq \{0.04(90 - \alpha_R) + 0.5\}$$

の範囲にすることを特徴とする。

【0036】以下にその作用を説明する。本実施の形態のように、ノズル内周端のノズル翼後縁12が内周壁20Rとなす子午面内の角度 $\alpha_R$ が鋭角となるよう軸方向に傾斜を持って構成されているスキューノズルの場合、内周壁20R側で半径方向内向き、すなわち通路部中央寄りから内周壁20Rへ向かう流れ2Rが発生し、内周壁20Rへと流れを押し付ける作用が生ずる。このとき、ノズル翼後縁内周端12Rから内周壁20Rの内周壁下流端22Rまでの軸方向距離 $L_R$ が短いと、内周壁20R近傍の流れが通路外に押し出されて再び合流するなどの過程で空力的損失が発生する。逆に、内周壁20Rが必要以上に長いと、壁面境界層の増大をもたらし損失を増加させる。従って、ノズル翼後縁内周端12Rから内周壁下流端22Rまでの軸方向距離 $L_R$ には、ノズル内周壁20Rにおいてノズル翼後縁12が内周壁20Rとなす子午面内角度 $\alpha_R$ に応じて最適範囲がある。

【0037】この関係を求めるため、内周壁20Rにおいてノズル翼後縁内周端12Rにおけるノズル翼後縁12と内周壁20Rがなす子午面内の角度 $\alpha_R$ とノズル翼後縁12下流の内周壁20Rの軸方向長さ $L_R$ を変化させた場合の段落損失 $\zeta$ を解析し、この結果を図13に示す。同図で、横軸

軸方向長さ $L_R$ と、ノズル10の翼列のスロート長さ $S_R$ の比 $L_R/S_R$ 、縦軸は段落損失 $\zeta$ 、パラメータは角度 $\alpha_R$ である。同図より、各 $\alpha_R$ において損失が最小となる $L_R/S_R$ が得られる。これから、 $\alpha_R$ が変化したときに損失を最小またはそれに準じるレベルとする $L_R/S_R$ の範囲を図示したもののが図14である。これを式で表すと、

【0038】

【数9】

$$0.04(90 - \alpha_R) \leq L_R / S_R \leq \{0.04(90 - \alpha_R) + 0.5\}$$

となる。

【0039】内周壁20Rにおいて軸方向長さ $L_R$ をこの範囲に構成した本実施の形態のノズルによれば、内周壁20R側においてノズル翼後縁12下流の内周壁20Rの長さ $L_R$ を最適範囲に構成しているため、従来、内周壁20Rの長さが最適でなかったことにより発生していた損失を低減でき、よってターピン段落の効率を向上できる。

【0040】次に第5の実施の形態について、図12を用いて説明する。なお、図1から図11までと同等部については同一符合を付し、詳細な説明を省略する。本実施の形態は、図12に示したようにノズル翼後縁12と外周壁20Tがなす子午面内の角度 $\alpha_T$ が鋭角になるように構成したスキューノズルに適用したものである。ノズル翼後縁12と外周壁20Tがなす子午面上の角度を $\alpha_T$ 、ノズル10の翼列の外周壁20T上におけるスロート長さを $S_T$ 、ノズル翼後縁外周端12Tから外周壁下流端22Tまでの外周壁20Tの軸方向距離を $L_T$ としたとき、軸方向距離 $L_T$ とスロート長さ $S_T$ との比 $L_T/S_T$ を、

【0041】

【数10】

$$0.04(90 - \alpha_T) \leq L_T / S_T \leq \{0.04(90 - \alpha_T) + 0.5\}$$

の範囲に構成したものである。

【0042】以下にその作用を説明する。本実施の形態はノズル翼後縁外周端12Tにおいてノズル翼後縁12が外周壁20Tとなす子午面内の角度 $\alpha_T$ が鋭角となるよう軸方向に傾斜を持って構成されているスキューノズルに適用したものである。この場合、流体が大きな速度をもって流出するノズル翼後縁12付近においては、後縁の傾斜により、外周壁20T側で半径方向外向きの流れ2Tが発生し、外周壁20Tへと流れを押し付ける作用が生ずる。このときノズル翼後縁のノズル翼後縁外周端12Tの下流に外周壁下流端22Tまで延設される外周壁20Tの軸方向距離 $L_T$ が短いと、外周壁20T近傍の流れが通路外に押し出されて再び合流するなどの過程で空力的損失が発生する。逆に、外周壁20Tが必要以上に長いと、壁面境界層の増大をもたらし損失を増加させる。従って、ノズル翼後縁外周端12Tの下流から外周壁下流端22Tまでの軸方向距離 $L_T$ には、ノズル内周において後縁が内周壁となす子午面内角度 $\alpha_T$ に応じて最適範囲がある。図13および図14

として示した、ノズル翼端における後縁と壁面がなす子後面内の角度  $\alpha_R$  と、後縁下流の壁面の軸方向長さを変化させた場合の段落損失  $\zeta$  を解析した結果は、内周壁について適用したものであったが、外周壁においても同様に適用できるものである。したがって、本実施の形態においても  $L_T/S_T$  を上式の範囲にすることで、段落損失  $\zeta$  を低減できる。

【0043】従って、本実施の形態のように構成したノズルによれば、外周壁20T側において後縁下流の壁面長さ  $L_T$  を最適範囲に構成しているため、従来、外周壁面長さが最適でなかったことにより発生していた損失を低減でき、よってタービン段落の効率を向上できる。

【0044】第6の実施の形態について、図15を用いて説明する。なお、図1から図14までと同等部については同一の符号を付し詳細な説明を省略する。本実施の形態は、ノズル10が軸方向に湾曲したスキューノズルに適用したものである。つまり、ノズル翼後縁内周端12Rおよび外周端12Tの両方においてノズル翼後縁12の接線13R、13Tが内、外周壁20R、20Tとなす子午面内の角度  $\alpha_R$ 、 $\alpha_T$  をそれぞれ鋭角に構成したスキューノズルに適用している。そして、ノズル翼後縁内周端および外周端12R、12Tから内周および外周壁下流端22R、22Tまでの軸方向の距離  $L_R$ 、 $L_T$  と、内周および外周壁20R、20Tにおけるノズル10の翼列のストート長さ  $S_R$ 、 $S_T$  との比  $L_R/S_R$ 、 $L_T/S_T$  が、内周側および外周側の両方において、これらの添字R、Tを省略して、

【0045】

【数11】

$$0.04(90-\alpha) \leq L/S \leq \{0.04(90-\alpha)+0.5\}$$

となるように構成する。

【0046】この実施の形態においては、内周側および外周側のそれぞれにおいてノズル翼後縁付近で壁面に流れを押し付ける作用が生じるが、上記の第4、第5の実施の形態と同様にノズル翼後縁12の下流に延設される壁面の長さにそれぞれ最適な範囲が存在する。本実施の形態では、ノズル翼後縁12の下流に延設される内外周壁20R、20Tの長さをこの範囲にすることで、従来発生していた損失を低減でき、よってタービン段落の効率を向上できる。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の軸流タービンノズルにおいては、二次流れによる損失を防止するためにタービンノズルが壁面と周方向若しくは子午面内の形状で鋭角をなすように形成したものにおいて、壁面長を最適にすることにより、タービンノズル後縁を流出する際に、タービンの中心軸方向若しくは外周方向の速度成分を持った速度の大きな流れを流路内に保持することで、タービンの段落損失を低減し、よってタービンの効率を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を示す、軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図2】軸流タービンノズルを、軸方向下流側から見た側面図。

【図3】軸流タービンノズルを、内周壁に沿って平面展開した概略図。

【図4】タービンの段落損失の変化を解析した結果を示す特性図。

【図5】ノズル翼後縁下流の壁の最適範囲を示した特性図。

【図6】本発明の第2の実施形態を示す、軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図7】軸流タービンノズルを、軸方向下流側から見た側面図。

【図8】軸流タービンノズルを、外周壁に沿って平面展開した概略図。

【図9】本発明の第3の実施形態を示す、軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図10】軸流タービンノズルを、軸方向下流側から見た側面図。

【図11】本発明の第4の実施形態を示す、軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図12】本発明の第5の実施形態を示す、軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図13】タービンの段落損失の変化を解析した結果を示す特性図。

【図14】ノズル翼後縁下流の壁の最適範囲を示した特性図。

【図15】本発明の第6の実施形態を示す、軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図16】従来の軸流タービンノズルを軸方向下流から見た図。

【図17】従来の軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

【図18】従来の軸流タービンノズルを含むタービン段落の断面図。

#### 【符合の説明】

1…通路部

2…流れの方向

2R…内周壁側に移動する流れ

2T…外周壁側に移動する流れ

10…ノズル翼

11…ノズル翼前縁

12…ノズル翼後縁

12R…ノズル翼後縁内周端

12T…ノズル翼後縁外周端

20R…内周壁

20T…外周壁

21R…ノズルダイアフラム内輪

21T…ノズルダイアフラム外輪

22R…内周壁下流端

22T…外周壁下流端

23R…内周壁の接線

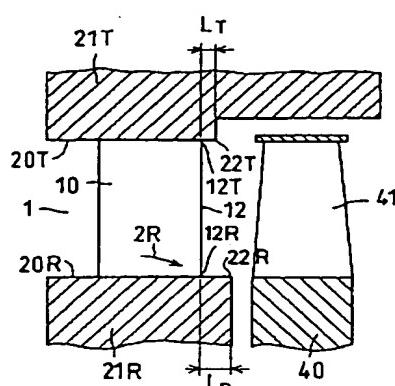
23T…外周壁の接線

40…タービンロータ

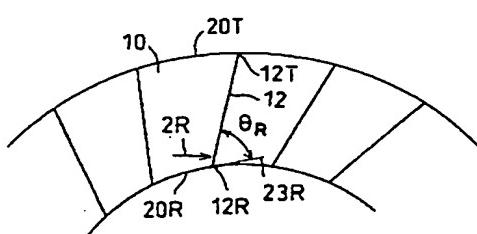
41…動翼

L<sub>R</sub>…内周壁におけるノズル翼後縁下流の壁面長L<sub>T</sub>…外周壁におけるノズル翼後縁下流の壁面長S<sub>R</sub>…内周壁におけるノズル翼列のスロート長さS<sub>T</sub>…外周壁におけるノズル翼列のスロート長さ $\alpha_R$ …ノズル翼後縁と内周壁のなす角 $\alpha_T$ …ノズル翼後縁と外周壁のなす角 $\theta_R$ …ノズル翼後縁と内周壁のなす角 $\theta_T$ …ノズル翼後縁と外周壁のなす角 $\zeta$ …段落損失

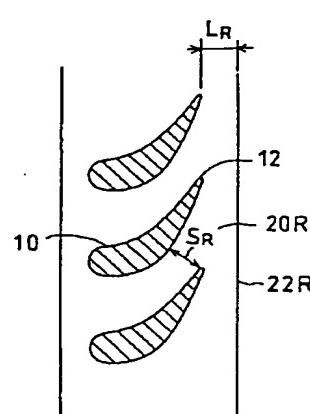
【図1】



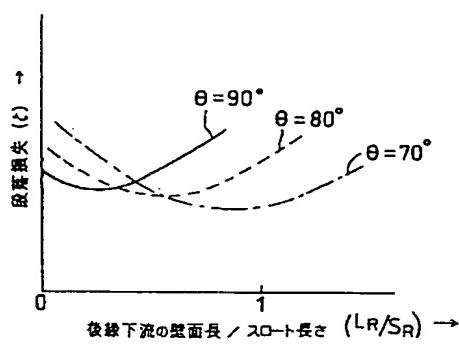
【図2】



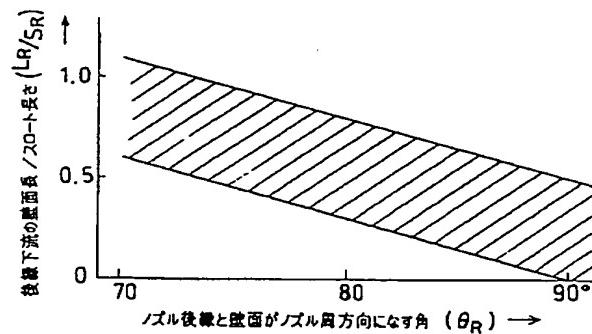
【図3】



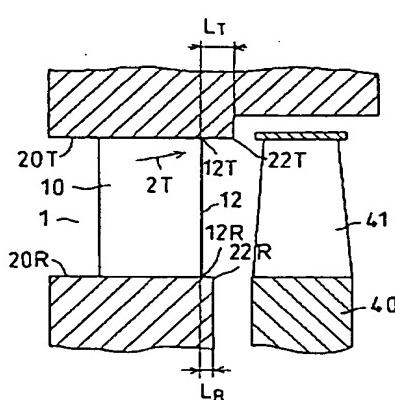
【図4】



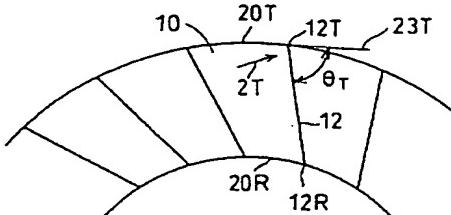
【図5】



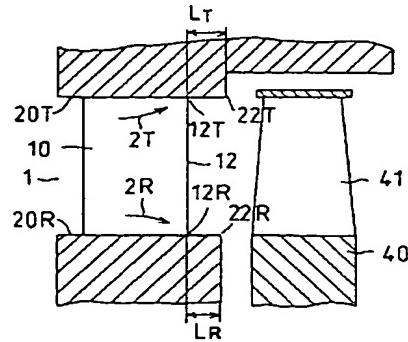
【図6】



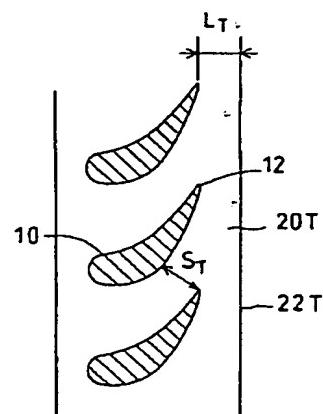
【図7】



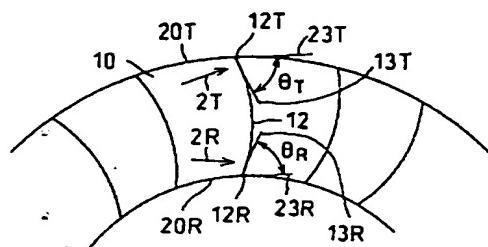
【図9】



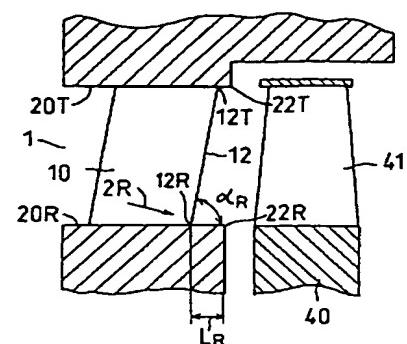
【図8】



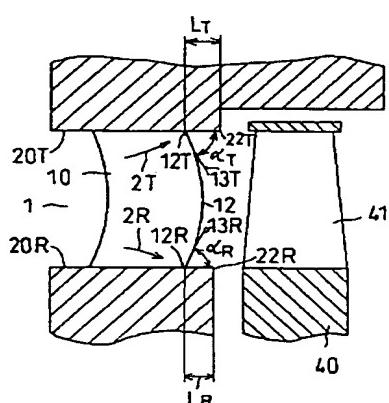
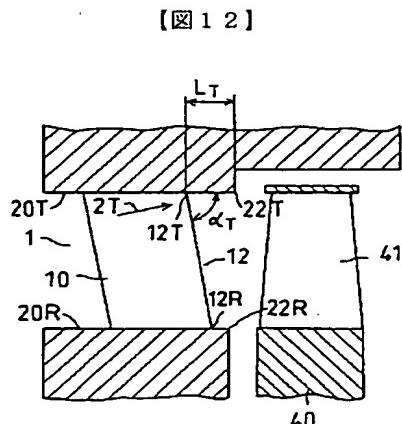
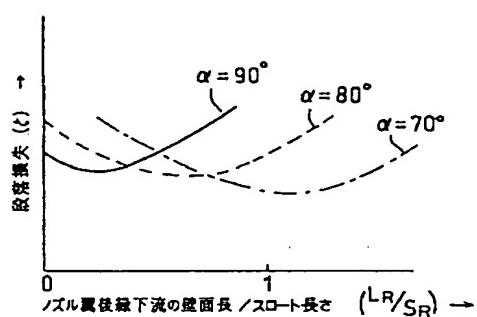
【図10】



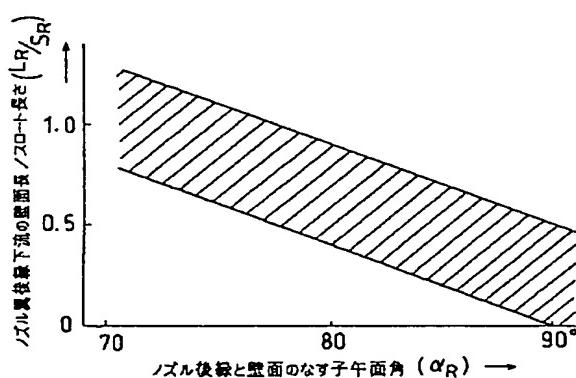
【図11】



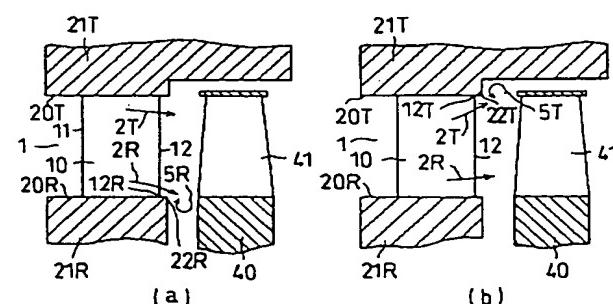
【図13】



【図14】

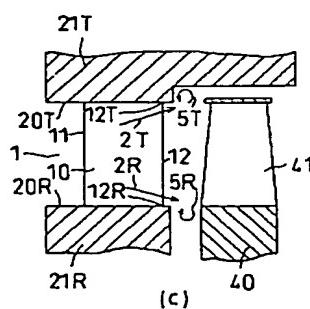


【図18】

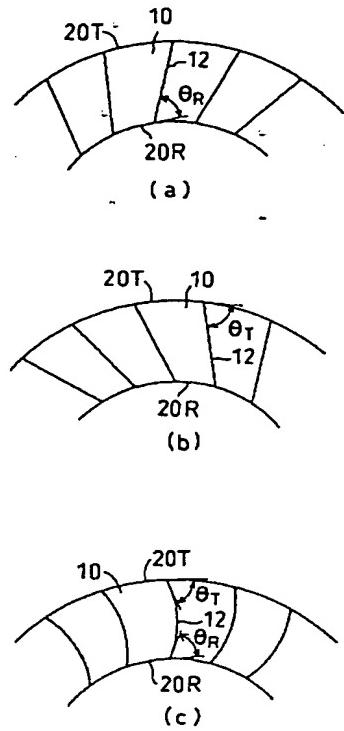


(a)

(b)



【図16】



【図17】

